

Giới thiệu hệ thống tự động kiểm tra khuyết tật hàn với bản đồ 3D

Introduction of automatical inspection system of welding seam using 3D mapping

Vũ Dương^{a,*}, Đặng Ngọc Sỹ^a, Phạm Quyền Anh^a, Hoàng Thái Hòa^a, Võ Hoàng Anh^a
Duong Vu, Sy Dang Ngoc, Quyen Anh Pham, Thai Hoa Hoang, Hoang Anh Vo

Trung tâm Điện - Điện tử, Đại học Duy Tân, 03 Quang Trung, Đà Nẵng, Việt Nam
Center of Electrical - Electronic Engineering, Duy Tan University, 03 Quang Trung, Danang, Vietnam

(Ngày nhận bài: 20/12/2018, ngày phản biện xong: 17/01/2019, ngày chấp nhận đăng: 25/1/2019)

Tóm tắt

Trong bài viết đăng tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Duy Tân số 03(28) xuất bản tháng 5/2018, nhóm nghiên cứu đã giới thiệu robot kiểm tra khuyết tật mối hàn [1]. Trong bài báo này, nhóm tác giả bàn về một hệ thống mới tự động kiểm tra mối hàn tập trung vào công nghệ quét 3D để xây dựng bản đồ 3D đường hàn trên vỏ tàu.

Từ khóa: Robot, hàn, siêu âm, khuyết tật

Abstract

In the paper published on DTU Journal of science & technology 3(28) in May 2018, our research team introduced the robot for inspection of the quality of welding seams [1]. In this paper we discuss the new system for automatical inspection of welding seam focusing on 3D scanning method to set up 3D map for welding ship hull.

Keywords: Robot, welding, ultrasonic, defect

Mở đầu

Hiện nay trên thế giới chưa có thông tin chính thức giới thiệu một thiết bị hoàn toàn tự động kiểm tra khuyết tật mối hàn bằng phương pháp siêu âm, mà chỉ có phương tiện mang và máy dò siêu âm, song chúng chưa được tích hợp với nhau thành một hệ thống. Cho nên việc thiết kế chế tạo hoàn chỉnh một hệ thống tự động (robot) để kiểm tra khuyết tật mối hàn có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao.

1. Mục tiêu

1.1. Thiết lập hệ thống thiết bị ứng dụng công nghệ quét 3D bằng Laser Scanner trong việc xây dựng bản đồ 3D các đường hàn phục vụ việc lưu

trữ các vị trí khuyết tật đã được đánh dấu.

1.2. Lắp đặt máy quét siêu âm màu mảng pha hiện đại, model OmniScan MX2 của hãng Olympus [4].

2. Các giải pháp thiết kế

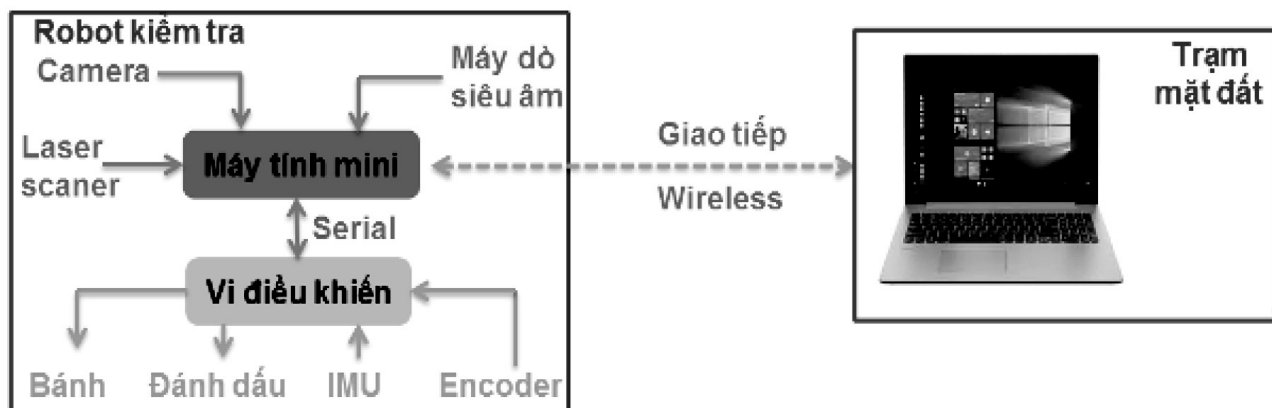
2.1. Phần mềm điều khiển robot

Hệ điều hành ROS (Robot Operating System) [3].

Máy tính mini trên robot và trạm mặt đất đều được cài đặt hệ điều hành ROS (Hình 1) ROS là một hệ điều hành mở, cho phép điều hành và phát triển các tính năng mới của robot. Về cơ bản nó là một hệ điều hành có khả năng thực hiện các tác

vụ (task) song song giao tiếp, trao đổi dữ liệu với nhau giữa các tác vụ; quản lý dữ liệu; bên cạnh

đó nó là công cụ dành cho việc thu thập, xử lý, hiển thị, điều khiển...



Hình 1. Hệ điều hành ROS

Mô hình ROS gồm có ba tầng: FileSystem, Computation Graph và Community.

Tầng ROS Filesystem

Filesystem là nguồn tài nguyên ROS được lưu trữ trên bộ nhớ hệ thống, bao gồm những thành phần như:

- **Packages:** Các gói dữ liệu là đơn vị chính trong tổ chức phần mềm của hệ điều hành ROS. Một package có thể chứa các lệnh thực thi của ROS (các nodes), một thư viện phụ thuộc ROS, tập dữ liệu, các file cấu hình, hoặc các dữ liệu cần thiết khác trong hệ thống.

- **Manifests:** là các bảng kê khai thông tin dữ liệu của package (manifest.xml), cung cấp cơ sở dữ liệu về package đó, bao gồm điều kiện cho phép (license) và những yếu tố phụ thuộc của gói dữ liệu đó. Manifest còn chứa thông tin về đặc trưng của ngôn ngữ lập trình ví dụ như các cờ báo (flags) của trình biên dịch.

- **Stacks:** là tập hợp các packages phối hợp với nhau để thực hiện một chức năng cụ thể, chẳng hạn như “navigation stack” là tập hợp các packages dẫn hướng cho robot. Stack còn mô tả cách thức phần mềm ROS được xây dựng và chứa thông tin về phiên bản ROS đang sử dụng.

- **Stack Manifests:** (stack.xml) cung cấp cơ sở dữ liệu về một stack, bao gồm điều kiện cho phép (license) và các thông số phụ thuộc vào những stack khác.

Tầng ROS Computation Graph

“Computation Graph” tạm gọi là lược đồ tính toán, là một mạng peer to peer của ROS trong đó các dữ liệu được xử lý với nhau. Computation Graph cơ bản gồm các thành phần:

các nút (nodes), Master, ParameterServer, messages, service topics và bags. Tất cả các thành phần này đều cung cấp dữ liệu cho Graph bằng những phương thức khác nhau.

- **Nodes:** là đơn vị thực hiện các lệnh tính toán, xử lý dữ liệu. Hệ điều hành ROS được thiết kế mô-đun hoá, các mô-đun được xây dựng rất chi tiết và chuyên biệt, một hệ thống điều khiển robot thường sẽ bao gồm nhiều nodes. Ví dụ, một node điều khiển hệ thống cảm biến, một node điều khiển động cơ bánh xe, một node thực hiện việc tác vụ định vị, một node hoạch định đường đi, một node vẽ quỹ đạo của hệ thống... Mỗi node của ROS được xây dựng nhờ sử dụng một ROS client library, chẳng hạn như roscpp hoặc rospy.

- **Master:** Các ROS Master cung cấp tên đăng ký và tra cứu đến phần còn lại của Computation Graph. Nếu không có Master, các node sẽ không thể tìm thấy nhau, trao đổi thông tin, hay gọi services đều không thực hiện được.

- **Parameter Server:** là một phần của Master.

Message: Các node giao tiếp với nhau thông qua các message. Một message C đơn giản là

một cấu trúc dữ liệu, bao gồm các trường được định kiểu. Các kiểu dữ liệu chuẩn (như integer, floating point, boolean) và mảng (array) với kiểu chuẩn đều được hỗ trợ. Message có thể bao gồm các cấu trúc và các mảng lồng nhau (giống như kiểu structs trong ngôn ngữ C).

Topics: Messages được định tuyến thông qua một hệ thống trao đổi (transport system), trong đó phân loại các thông điệp thành 2 dạng: *publish* (đưa tin) và *subscribe* (đăng ký nhận thông tin). Một node gửi đi một message bằng việc đưa thông tin tới một *topic* (chủ đề). Tên của topic được dùng để quy định nội dung của message. Một node liên quan đến loại dữ liệu như thế nào sẽ đăng ký nhận tin từ topic tương ứng. Một topic có thể có nhiều đối tượng đưa tin (*publishers*) cũng như nhiều đối tượng đăng ký nhận tin (*subscribers*); và mỗi node cũng có thể truyền tin nhiều topic khác nhau, cũng như có thể nhận tin từ nhiều topic. Các nguồn truyền tin và các đối tượng nhận tin nhìn chung không cần phải biết về sự tồn tại của nhau. Ý tưởng xây dựng ROS ở đây là tách biệt nguồn tạo ra thông tin với bộ phận sử dụng thông tin đó. Topic được xem như là một kênh truyền các thông điệp được định kiểu. Mỗi kênh truyền này có một tên riêng, và node nào cũng có thể kết nối với kênh này để gửi/nhận thông điệp, miễn là thông điệp cùng kiểu với topic đó.

Services: Mô hình truyền thông theo mẫu *publish/subscribe* như trình bày ở trên là một mô hình rất linh hoạt, tuy vậy, đặc điểm của nó là thông tin được truyền đa đối tượng, một chiều (*many-to-many, one-way*) đôi khi lại không phù hợp với các trường hợp cần tương tác theo kiểu *request/reply* (yêu cầu/đáp ứng), kiểu tương tác này thường gặp trong các hệ thống phân phối. Do vậy, cần có thêm một thành phần nữa trong ROS Graph, đó là “*services*”, nhằm thực hiện được các yêu cầu tương tác theo kiểu *request/reply*. *Services* là một cặp cấu trúc thông điệp: một thông điệp để gửi yêu cầu và một thông

điệp dành cho đáp ứng. Một node cung ứng một service với một thuộc tính “*name*”, một client sử dụng service đó bằng cách gửi đi một thông điệp yêu cầu (*request message*) rồi đợi phản hồi. Trong thư viện client của ROS, phương thức tương tác này thường được cung cấp như một hàm được gọi từ xa.

Bags: là một định dạng để lưu và phát lại dữ liệu từ các ROS messages. Bags là một cơ chế quan trọng để lưu trữ dữ liệu, chẳng hạn như dữ liệu cảm biến, những dữ liệu này là cần thiết để phát triển và thử nghiệm các thuật toán.

ROS Master hoạt động như một *nameservice* trong ROS Computation Graph, lưu trữ các topics và thông tin đăng ký services cho nodes. Một node giao tiếp với Master để báo thông tin đăng ký của node. Khi giao tiếp với Master, các nodes cũng có thể nhận thông tin về các nodes khác đã đăng ký với Master từ đó thực hiện kết nối phù hợp để trao đổi dữ liệu. Master cũng sẽ gửi lại thông tin (*callbacks*) đến các nodes trong trường hợp có thay đổi thông tin đăng ký với Master, cho phép các node tự động tạo kết nối khi có nodes mới tham gia vào mạng.

Cách xây dựng hệ thống như trong ROS cho phép nguồn cung cấp tin và đối tượng nhận tin có thể tách rời nhau, và mỗi liên hệ được thực hiện thông qua thuộc tính “*name*”. “*Name*” là thuộc tính đóng vai trò rất quan trọng trong ROS: các nodes, topics, services và các parameters đều được đặt tên. Mỗi thư viện ROS Client đều hỗ trợ *command-line* để liên kết các tên này (*remapping names*), nhờ đó mà chương trình đã được biên dịch có thể cấu hình lại được chạy ngay cả khi hoạt động trong một cấu trúc Computation Graph khác.

Ví dụ, để điều khiển một thiết bị chẳng hạn như bộ cảm biến laser Hokuyo laser range-finder, ta có thể khởi động driver *hokuyo_node*, driver này có nhiệm vụ đọc các thông số từ laser rồi gửi đi (*publish*) các messages dạng *sensor_msgs/LaserScan* tới topic có tên là *scan*. Để xử lý dữ

liệu từ cảm biến, ta có thể viết một node sử dụng package `laser_filters`, node này sẽ đăng ký nhận thông tin (subscribe) từ topic `scan`. Sau khi đăng ký, bộ lọc `filter` sẽ tự bắt đầu nhận messages từ cảm biến laser.

2.2. Xây dựng bản đồ 3D mới hàn

Việc này có mục đích tạo ra một bản đồ 3 chiều (3D) có chi phí thấp trong khi vẫn giữ lại tất cả độ chính xác, độ tin cậy và tốc độ quét. Thông thường các máy quét 3D đòi hỏi chi phí và giá thành lên đến hàng chục nghìn dola và càng đắt khi đòi hỏi độ chính xác và chi tiết.

Nói về chức năng, một giải pháp để hạ giá thành sản phẩm là tận dụng máy quét laser 2D nhưng tạo nên dữ liệu 3D. Cảm biến được gắn kết cố định, khi robot dịch chuyển theo 1 trục, dữ liệu quét 2D sẽ được tái tạo chồng lớp, phân tích và kết hợp những dữ liệu 2D này lại sẽ dựng được bản đồ 3D hoàn chỉnh, dữ liệu này được gửi qua kết nối mạng trong hệ thống cho phép phát trực tiếp và tái tạo theo thời gian thực trên cùng một mạng, kết hợp với camera quan sát trợ giúp cho việc giám sát và vận hành (Hình 2).



Hình 2. Xây dựng bản đồ 3D mới hàn

Để lập ra bản đồ 3D, giải pháp được chia làm 3 phần: (1) Bản đồ số hóa và ánh xạ cùng đồng thời (SLAM - Simultaneous Localization and Mapping) cho phép robot nhận thức được môi trường xung quanh và vị trí của nó khi di chuyển; (2) Thuật toán tái lập bản đồ 3D dựa trên dữ liệu cảm biến thu về và môi trường xung quanh robot; (3) Thuật toán điều hướng robot để tránh chướng ngại vật và nhận các dữ liệu cần thiết mà không có sự can thiệp của con người.

2.3. Dò tìm và di chuyển theo đường hàn

Việc đảm bảo robot phải di chuyển dọc theo đường hàn đòi hỏi phải có cảm biến chính xác để tránh robot đi chệch ra khỏi đường hàn, gây mất thời gian và ảnh hưởng đến chất lượng kiểm tra. Dựa vào máy quét laser và thuật toán dò đường, có thể xác định được độ nhô đường hàn với độ phân giải cao (1 mm), giúp robot có thể được định hướng và dò tìm đường hàn chính xác (Hình 3).



Hình 3. Nguyên tắc di chuyển theo đường hàn

Song song một node trích xuất dữ liệu để sử dụng thiết lập bản đồ 3D, một node khác được thiết lập để dành cho bộ dò đường. Dữ liệu phân tích từ scan laser sẽ được lọc và tái dựng lại đường hàn dựa vào độ cao so với mặt phẳng (ở đây mặt phẳng có thể là thân tàu hoặc thùng chứa nhiên liệu). Ngoài ra hai cảm biến từ hỗ trợ tăng độ chính xác khi dò đường hàn được gá trên một bộ điều chỉnh nằm ngang, phía dưới có bi đỡ trên bề mặt vỏ tàu nhằm giữ khoảng cách cố định giữa bộ cảm biến với bề mặt vỏ tàu giúp cho việc xác định đường hàn và di chuyển của robot.

2.3. Giao tiếp giữa robot và máy dò siêu âm mảng pha

Trong phương pháp NDT rất nhiều công nghệ được sử dụng, cũng như có các phương pháp khác nhau để đáp ứng theo từng ứng dụng như phương pháp từ tính – MT, phương pháp thẩm thấu – PT, phương pháp chụp ảnh bức xạ - RT và phương pháp siêu âm – UT. Trong đó phương pháp sử dụng siêu âm để thực hiện việc kiểm tra – đánh giá khuyết tật bên trong các mối hàn nói “Ultrasonic Method” thường được sử dụng rộng rãi.

Và trong phương pháp siêu âm này sẽ bao gồm 2 công nghệ và thiết bị được sử dụng rộng rãi nhất trên thế giới cũng như tại Việt Nam:

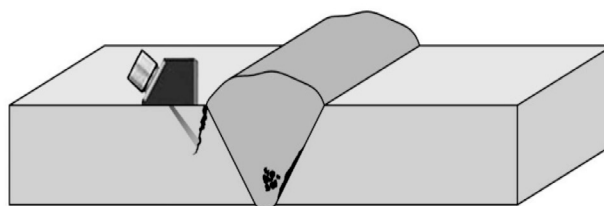
+ Phương pháp Siêu âm thường “Ultrasonic Testing – UT” (Hình 4)

+ Phương pháp Siêu âm Mảng Pha “Phased Array Ultrasonic Testing – PAUT” [3].

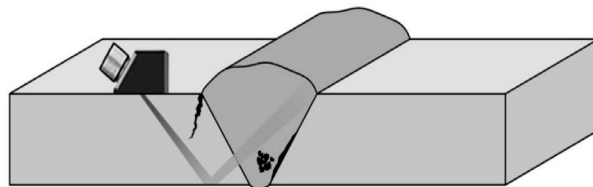
Đối với phương pháp UT, đầu dò siêu âm thông thường cho NDT thường bao gồm hoặc là một biến tử vừa tạo ra vừa thu sóng âm tần số cao, hoặc cặp hai biến tử, một cho phát và một cho thu. Sử dụng sóng dọc với góc 0° và sóng ngang với với các góc khúc xạ cơ bản như 45° hoặc 60° hoặc 70° trong mỗi đầu dò để phát chùm âm duy nhất đi vào chi tiết kiểm tra để

phát hiện và đánh giá chúng. Khi bên trong chi tiết kiểm tra có bất kỳ một lỗi khuyết tật như: nứt, không thấu, ngậm xỉ, rỗ khí ... thì sóng âm sẽ phản xạ từ bề mặt ngăn cách của chúng quay về bộ vi xử lý của thiết bị và sau đó đồng thời dữ liệu sẽ hiển thị dạng sóng A-Scan (biểu diễn theo thời gian và biên độ tín hiệu siêu âm) trên màn hình. Ưu điểm của phương pháp siêu âm thường: (1) Chi phí đầu tư hợp lý và phù hợp; (2) Thiết bị gọn nhẹ và có tính linh hoạt cao. Nhược điểm của phương pháp siêu âm thường (Hình 5): (1) Phát hiện không tốt hoặc có thể sẽ không phát hiện được các khuyết tật nằm gần hoặc khuyết tật nứt trên bề mặt chi tiết kiểm tra (vùng ảnh hưởng nhiệt), do đó rất dễ bị bỏ sót khuyết tật; (2) Dữ liệu kiểm tra chỉ hiển thị dưới dạng xung A-Scan cùng với các thông số liên quan, do đó phương pháp này phụ thuộc và dựa rất nhiều vào kinh nghiệm nhiều năm của thanh sát viên thực hiện ; (3) Vì bị hạn chế bởi số lượng chùm âm và góc phát nên phải quét nhiều hướng khác nhau để không bỏ sót khuyết tật cho toàn bộ khu vực cần kiểm tra, cho nên thời gian kiểm tra lâu và khối lượng không hiệu quả.

Ảnh minh họa về phương pháp UT:

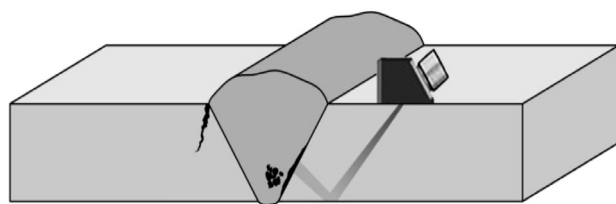


- ↓ Mẫu tấm, gồm các khuyết tật Nứt Cảnh, Ngậm Sỉ và Không Ngấu Vách:
- Đầu dò tại vị trí này chỉ có thể phát hiện được duy nhất khuyết tật Nứt Cảnh.
 - Di chuyển đầu dò ra xa dần mối hàn như hình bên dưới.

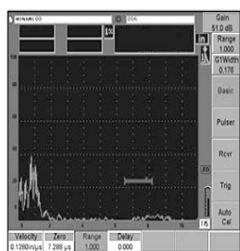


- ↓ Mẫu tấm, gồm các khuyết tật Nứt Cảnh, Ngậm Sỉ và Không Ngấu Vách:
- Đầu dò tại vị trí này sẽ không thể phát hiện được các khuyết tật trên.
 - Di chuyển đầu dò qua phía bên kia của mối hàn như hình bên dưới.

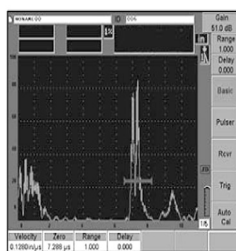
Hình 4. Phương pháp siêu âm thông thường (UT)



Mẫu tấm, gồm các khuyết tật Nứt Cạnh, Ngâm Sỉ và Không Ngấu Vách:
 • Đầu dò tại vị trí này chỉ có thể phát hiện được duy nhất khuyết tật Không Ngấu Vách.



Màn hình hiển thị khi UT không phát hiện được khuyết tật



Màn hình hiển thị khi UT phát hiện được khuyết tật

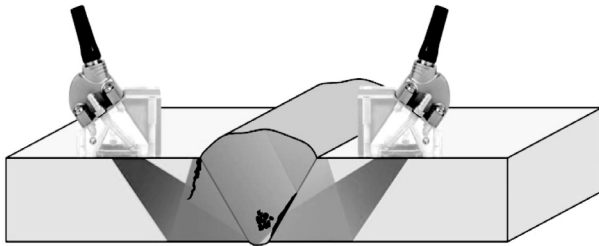
Hình 5. Nhược điểm của phương pháp UT

Từ những hình ảnh minh họa bên trên, chúng ta có thể thấy rằng: Phương pháp UT sẽ mất nhiều thời gian kiểm tra toàn bộ mỗi hàn, một điều rất nguy hiểm là nó có thể bỏ sót khuyết tật.

So với phương pháp siêu âm thường, phương pháp siêu âm mảng pha [2, 4] có đầu dò thường bao gồm từ 16 đến 256 biến tử nhỏ riêng biệt, mỗi biến tử có thể tạo xung riêng rẽ. Chúng có thể được sắp đặt theo dải, vòng tròn, hoặc có hình dạng phức tạp hơn. Cũng như đối với đầu dò thông thường, các đầu dò mảng pha có thể được thiết kế cho sử dụng tiếp xúc trực tiếp, hoặc kết nối với phần mềm để tạo các đầu dò góc, hoặc sử dụng cho kỹ thuật nhúng với sóng âm truyền qua nước tới chi tiết kiểm tra. Hệ thống mảng pha cũng bao gồm thiết bị máy tính tinh vi có khả năng điều khiển đầu dò đa biến tử, thu nhận và số hóa xung quay trở lại và biểu diễn thông tin của xung trên các khổ tiêu chuẩn khác nhau. Không giống như các thiết bị dò khuyết tật siêu âm thông thường, hệ thống mảng pha có thể quét chùm tia dưới cả dải góc khúc xạ hoặc dọc theo đường thẳng, hoặc hội tụ ở những độ sâu khác nhau, do đó tăng tính linh hoạt và khả năng trong thiết lập kiểm tra.

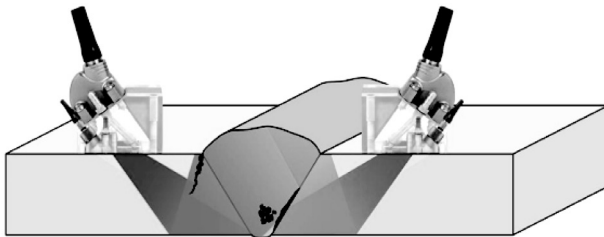
Tiện lợi của công nghệ mảng pha (Hình 6) so với siêu âm thông thường là khả năng sử dụng

hiều biến tử để hướng, hội tụ và quét chùm tia chỉ với một đầu dò đơn. Hướng chùm tia, thường nói tới quét dạng quạt, có thể sử dụng để vẽ chi tiết ở những góc thích hợp. Điều đó đơn giản đi rất nhiều khi kiểm tra chi tiết có hình dạng phức tạp. Diện tích tiếp xúc của đầu dò nhỏ và khả năng quét chùm tia mà không cần dịch chuyển đầu dò cũng giúp cho việc kiểm tra các chi tiết mà sự tiếp cận cho quét cơ học bị hạn chế. Quét hình quạt cũng được sử dụng nhiều để kiểm tra mỗi hàn. Khả năng kiểm tra mỗi hàn với nhiều góc quét từ một đầu dò đã tăng đáng kể khả năng phát hiện các bất thường liên tục. Hội tụ điện tử cho phép tối ưu hình dạng và kích thước của chùm tia tại vị trí có thể xuất hiện khuyết tật, do đó tối ưu khả năng phát hiện. Khả năng hội tụ tại nhiều độ sâu cũng tăng khả năng xác định kích thước các khuyết tật quan trọng cho những kiểm tra lớn. Hội tụ cũng cải thiện được tỉ lệ tín hiệu/nhiều trong các ứng dụng, và quét điện tử qua nhiều các nhóm biến tử cho phép tạo ra hình ảnh C-scan (C-scan là hình ảnh hai chiều biểu diễn hình chiếu từ trên xuống chi tiết kiểm tra) rất nhanh. Tóm lại, ưu điểm của phương pháp siêu âm mảng pha (Hình 7, Hình 8, Hình 9, Hình 10) là: (1) Phát hiện tốt và ít khi bỏ sót các khuyết tật nằm trên/gần bề mặt hoặc sâu bên trong chi tiết kiểm tra; (2) Dữ liệu kiểm tra hiển thị dưới dạng hình ảnh màu 3 chiều trực quan nên giúp các thanh sát viên dễ dàng giải đoán – đánh giá chi thị mà không cần phải có nhiều kinh nghiệm; (3) Có thể kiểm tra được toàn bộ mỗi hàn và vùng ảnh hưởng nhiệt trong một lần quét nên tiết kiệm được thời gian, do đó có thể đáp ứng được các dự án cần tiến độ nhanh; (4) Đặc biệt, nó có thể thay thế được phương pháp UT và RT mà vẫn đáp ứng được các chuẩn NDT hiện nay như ASME, AWS, API, BS EN,...Nhược điểm: (1) Chi phí đầu tư ban đầu cao; (2) Thiết bị hơi cồng kềnh so với thiết bị siêu âm thường.



- ↓ Mẫu tấm, gồm các khuyết tật Nứt Cạnh, Ngâm Sí và Không Ngẫu Vách:
- Sử dụng 02 đầu dò PA và đặt chúng nằm hai bên mối hàn, mỗi đầu dò có thể tùy chọn các góc từ 30° đến 70° để phát cùng lúc đi vào chi tiết kiểm tra.
 - Chỉ cần thực hiện quét tuyến tính 02 đầu dò PA này dọc theo mối hàn trong một lần quét.
 - Và sự kết hợp này có thể phát hiện hầu như tất cả các khuyết tật bên trong mối hàn.

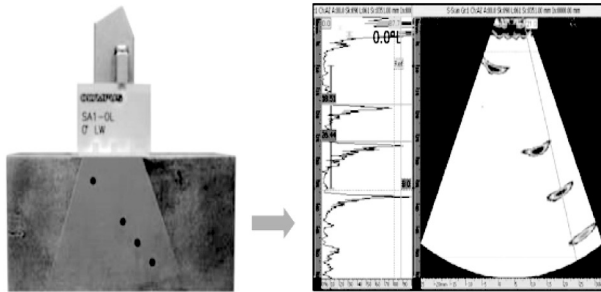
Hình 6. Phương pháp siêu âm mảng pha (PAUT)



- ↓ Mẫu tấm, gồm các khuyết tật Nứt Cạnh, Ngâm Sí và Không Ngẫu Vách:
- Khi kết hợp 02 đầu dò PA và 02 đầu dò TOFD, chúng ta hầu như sẽ kiểm tra và phát hiện được tất cả các khuyết tật nằm trong vùng ảnh hưởng nhiệt và mối hàn.
 - Sự kết hợp này là một giải pháp lý tưởng để kiểm tra và phát hiện tất cả các khuyết tật Nứt trên bề mặt (tại vùng ảnh hưởng nhiệt thuộc vật liệu kim loại cơ bản).

Hình 7. Ưu điểm của phương pháp PAUT

Sử dụng sóng dọc và kết quả hiển thị:

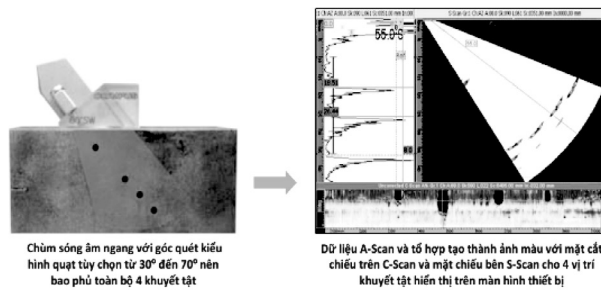


Chùm sóng âm dọc với góc quét kiểu hình quạt tùy chọn từ -30° đến 70° nên bao phủ toàn bộ 04 khuyết tật

Dữ liệu A-Scan và tổ hợp tạo thành ảnh màu với mặt cắt chiều đứng B-Scan kiểu hình quạt cho 04 vị trí khuyết tật hiển thị trên màn hình thiết bị

Hình 8. Chùm sóng dọc và hiển thị mặt cắt chiều đứng B-Scan

Sử dụng sóng ngang và kết quả hiển thị:

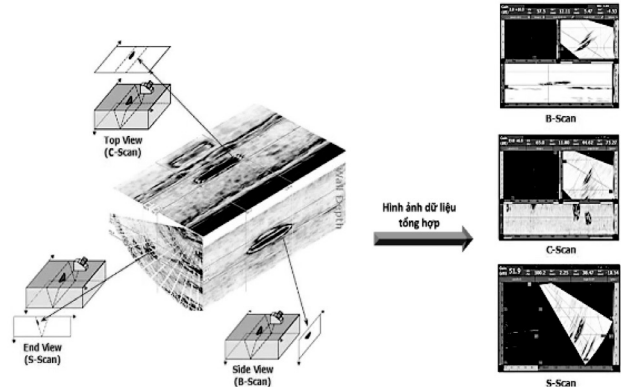


Chùm sóng âm ngang với góc quét kiểu hình quạt tùy chọn từ 30° đến 70° nên bao phủ toàn bộ 4 khuyết tật

Dữ liệu A-Scan và tổ hợp tạo thành ảnh màu với mặt cắt chiều trên C-Scan và mặt chiều bên S-Scan cho 4 vị trí khuyết tật hiển thị trên màn hình thiết bị

Hình 9. Chùm sóng ngang và hiển thị mặt cắt chiều trên

Sử dụng hình ảnh mô phỏng các mặt cắt B-Scan, C-Scan và S-Scan



Hình 10. Lợi thế khai triển 3 mặt cắt hiển thị kết quả quét PAUT

3. Lợi ích kinh tế

Với qui mô hiện tại của xưởng cơ khí thì công suất chế tạo một năm là 10 hệ thống, dựa vào giá vật tư, nguyên liệu, nhiên liệu, năng lượng và khấu hao tài sản, thì chi phí chế tạo 01 hệ thống dựa vào Bảng 1, Bảng 2 và Bảng 3.

Bảng 1. Tính cho 1 năm công suất 100% chi phí sản xuất hệ thống robot kiểm tra

STT	Nội dung	Chi phí sản xuất (ngàn đồng)
A. Tổng chi phí sản xuất trong năm đạt 100% công suất		
1	Nguyên vật liệu chính	9.200.000
	Nguyên vật liệu phụ	1.130.000
3	Điện , nước, xăng dầu	50.000
4	Lương, phụ cấp, thuê khoán chuyên môn	620.000
5	Sửa chữa, bảo trì thiết bị, kiểm định, kiểm nghiệm	280.000
6	Chi phí quản lý	200.000
	Cộng A:	11.480.000
B. Chi phí gián tiếp và khấu hao TSCĐ trong năm đạt 100% công suất		
7	Khấu hao thiết bị: - Khấu hao thiết bị cũ - Khấu hao thiết bị mới - Thuê thiết bị	580.000
8	Khấu hao nhà xưởng: - Khấu hao nhà xưởng mới - Khấu hao nhà xưởng cũ	240.000

	Khấu hao chi phí hoàn thiện công nghệ và đào tạo	100.000
10	Tiếp thị, quảng cáo, chi khác	500.000
	Cộng B:	1.420.000
	Tổng chi phí A+B:	12.900.000

Chi phí cho 1 hệ thống:

Tổng chi phí + 20% = 1.290.000 (ngàn đồng)
 + 258.000 (ngàn đồng) = 1.548.000 (ngàn đồng).

Bảng 2. Giá bán dự kiến (tính cho 1 năm đạt công suất 100 %)

STT	Tên sản phẩm	Đơn vị tính	Số lượng	Đơn giá bán (ngàn đồng)	Thành tiền (ngàn đồng)
1	Hệ thống robot kiểm tra khuyết tật	Hệ thống	10	1.750.000	17.500.000

Bảng 3. Hiệu quả kinh tế cho 1 năm đạt công suất 100 %

STT	Nội dung	Thành tiền (ngàn đồng)
1	Tổng số tiền đối ứng thực hiện dự án	6.363.000
2	Tổng chi phí (tính từ bảng 2)	15.480.000
3	Tổng doanh thu (bảng 2)	17.500.000
4	Lãi gộp (3) - (2)	2.020.000
5	Thuế thu nhập doanh nghiệp (25% lãi gộp)	505.000
6	Lãi ròng (4) - (5)	1.515.00
7	Thời gian thu hồi vốn cố định, T, năm	4,2 năm

4. Hướng phát triển

Nhóm nghiên cứu đặt mục tiêu đưa sản phẩm này vào thương mại trong 2 năm tới, đi theo chương trình hỗ trợ thương mại hóa của chính phủ. Thị trường trước mắt nhằm vào ngành đóng tàu biển, tuy nhiên sẽ phát triển sang các ngành khác như dầu khí, kết cấu kim loại trong xây dựng, nhà máy điện v.v. Tiếp theo, kế thừa kinh nghiệm của dự án này, sẽ thăm dò loại robot có thể lặn dưới nước để thực hiện những chức năng đặc thù khác và sẽ được công bố trong những số sau của tạp chí.

Tài liệu tham khảo

- [1] Vũ Dương, Đặng Ngọc Sỹ, Phạm Quyền Anh, Hoàng Thái Hòa và Võ Hoàng Anh “Thiết kế và chế tạo Robot kiểm tra khuyết tật hàn”, Tạp chí Khoa học và công nghệ - Đại học Duy Tân, số 3(28), tr 89-97, tháng 5/2018.
- [2] P.Pugalendni, D.Veerarju ,” Use of Phased Array Ultrasonic Testing (PAUT) & Time of Flight Diffraction (TOFD) in Lieu of Radiography Testing on ASME U Stamp Pressure Vessel Fabrication Pfojects, Singapore International NOT Conference & Exhibition 2013, 19-20 July.
- [3] Hung Manh La, Tran Hiep Dinh, Nhan Huu Pham, Quang Phuc Ha, Anh Quyen Pham, “Automated robotic Monitoring and Inspection of Sleel Structure and Bridges”, Robotica (2016) Cambridge University Press 2016.
- [4] Michael Moles,”Phase array training in Olympus NDT, Olympus NDT, 48 Woerd Avenue, Waltham Massachusetts, USA 02453, 18 Conference on Nondestructive Testing, 16-20 April 2012, Durban, South Africa.